

Demand Side Management im Kontext der Energiewende in Deutschland

Thomas Haasz
 Heßbrühlstraße 49a
 70565 Stuttgart
 Tel.: 0711 / 685-87842
 E-Mail: Thomas.Haasz@ier.uni-stuttgart.de

Motivation

Die Stromversorgung in Deutschland soll durch den Ausbau erneuerbarer Energien weitgehend dekarbonisiert werden. Auf Basis der Ausbauziele für Wind- und PV-Anlagen ist mittel- bis langfristig mit einem steigenden Flexibilisierungsbedarf zu rechnen. Flexibilität im Energiesystem kann sowohl angebots- als auch nachfrageseitig bereitgestellt werden (z. B. durch Reservekraftwerke, Speicher, Power-to-X, Curtailment, Demand Side Management (DSM)). In dieser Arbeit wird DSM als Kombination aus Energieeinsparungen und Lastmanagement verstanden. Es wird die Hypothese formuliert, dass die energiepolitischen Ziele mit DSM, im Vergleich zu den anderen genannten Optionen, kostengünstiger zu erreichen sind.

Modellierung von DSM

Für diese Arbeit wurde eine Modellanwendung des Modellgenerators The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES) für Deutschland verwendet. Anhand der Zielfunktion werden die gesamten diskontierten Systemkosten minimiert.

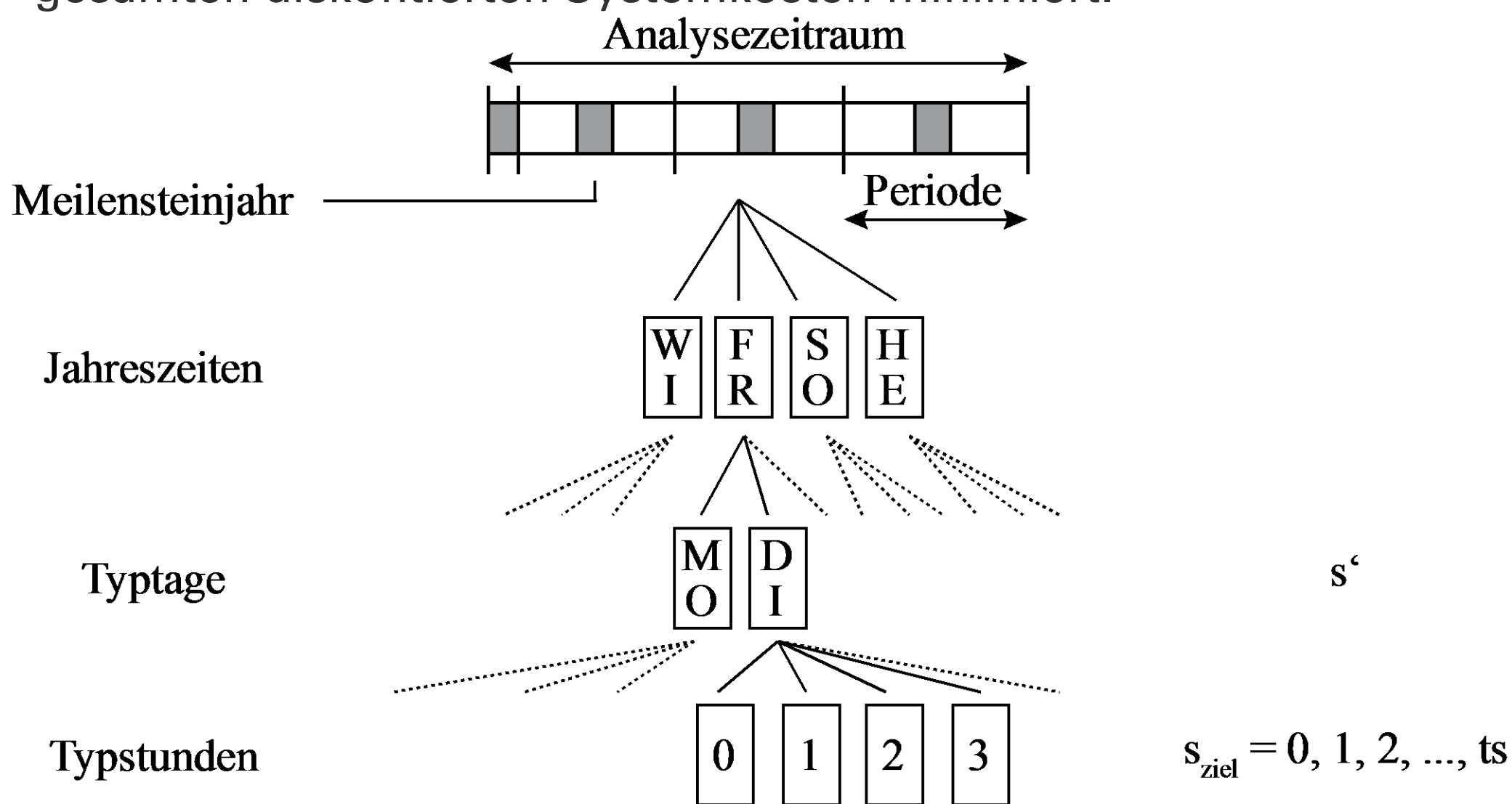


Abb. 1: Darstellung der hierarchischen Zeitsegmentstruktur des Modellgenerators TIMES (eigene Darstellung nach Remme, 2006)

Die Zeitsegmentstruktur in TIMES (s. Abb. 1) wird genutzt, um zulässige Betriebszustände einzelner Prozesse auf stündlicher und täglicher Ebene zu modellieren. Die benötigten Parameter werden über Prozesssimulationen ermittelt (s. Abb. 2). Dazu werden für thermostatgeregelte Lasten (TCL) Simulationen mit einer Gerätepopulation von jeweils 1 000 Einheiten mit typischen und erweiterten Temperaturbereichen durchgeführt.

Das Simulationsmodell basiert auf dem dynamischen Modell für Zweipunktregler von Mortensen und Haggerty (1988). Unter Verwendung der Notation aus Callaway (2009) und Stadler et al. (2009) kann die Gleichung zur Beschreibung des Temperaturverlaufs von TCLs wie folgt formuliert werden:

$$T_{k+1} = aT_k + (1 - a)(T_0 \pm m_k \eta RP) + w_{k,d} + w_{k,r}$$

Für Kühlanwendungen entspricht die Zeichenkonvention einem negativen Vorzeichen, während ein positives Vorzeichen für Heizanwendungen verwendet wird. Die thermische Trägheit des Systems wird über die Variable a beschrieben, die eine exponentielle Funktion $a = e^{-\frac{h}{CR}}$ der thermischen Kapazität C , des Widerstandes R sowie der zeitlichen Dauer h eines Simulationsschritts repräsentiert. Die Temperatur im inneren des Geräts ist abhängig von der Temperatur im vorangegangenen Simulationsschritt T_k und der Außen- oder Raumtemperatur T_0 .

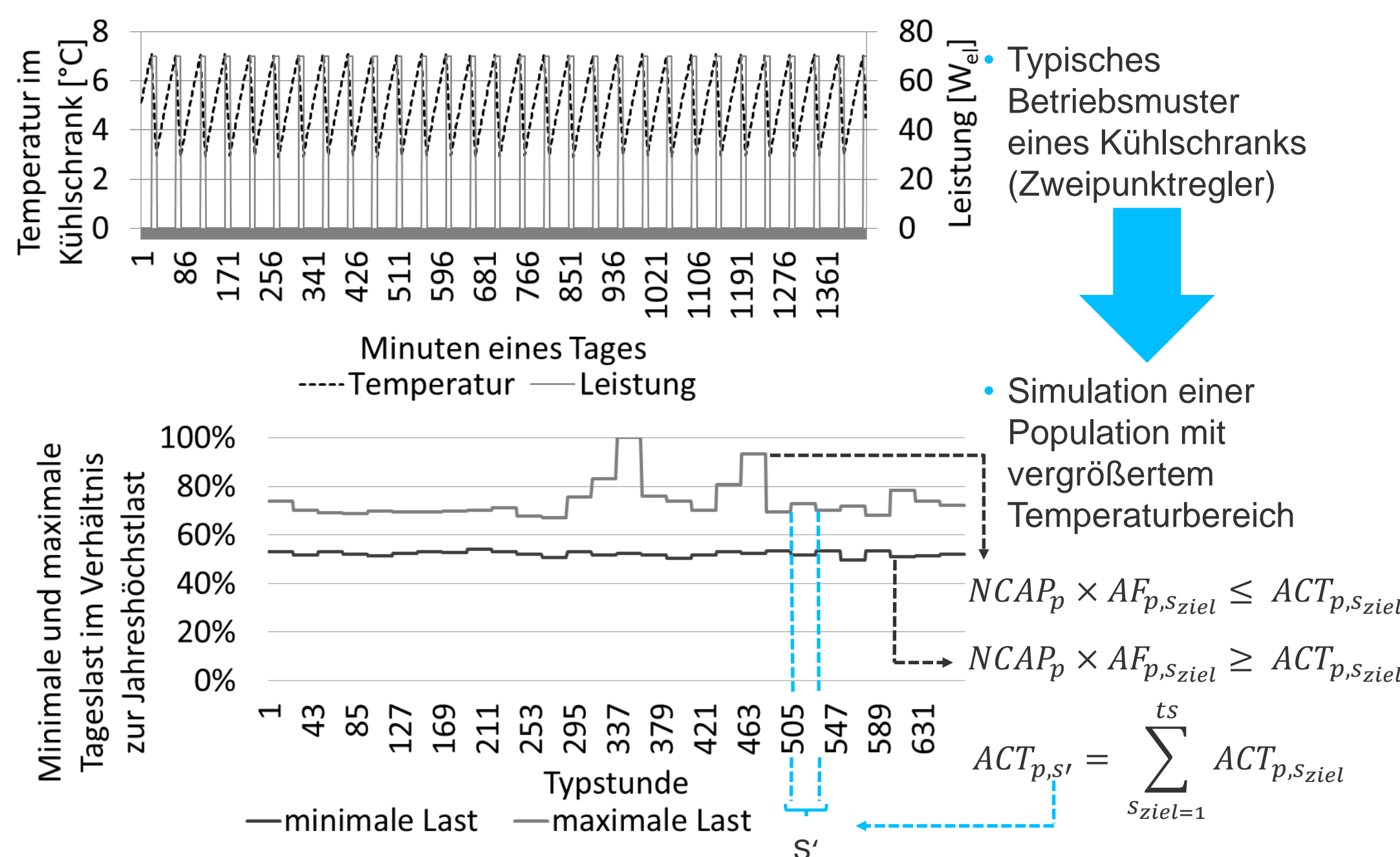


Abb. 2: Ermittlung zulässiger Betriebsparameter am Beispiel von Kühlschränken

Ergebnisse

In Abb. 3 wird exemplarisch der langfristige Einfluss von Energieeinsparungen (KLM-KAB) und DSM mit begrenztem Curtailment (APLM-BAB) im Vergleich zu einem Szenario mit moderaten Energieeinsparungen (MOD-EFF) anhand des Kraftwerksparks und der Nettostromerzeugung veranschaulicht. Die installierte Leistung in PV- und Windkraftanlagen sowie deren Erzeugung ist in allen drei Szenarien auf Basis der Szenarioannahmen identisch. Die Szenarioergebnisse zeigen langfristig eine deutliche Reduktion der Leistung in Gasturbinen im Vergleich der Szenarien MOD-EFF und KLM-KAB, da die Spitzenlast im Szenario mit vollständiger Berücksichtigung von Energieeinsparmaßnahmen deutlich niedriger ist und somit Reservekapazitäten reduziert werden können. Die zusätzliche Berücksichtigung von Lastmanagement führt hingegen nur zu einer geringfügigen Reduktion der installierten Leistung um 1 GW in 2050.

Aufgrund der absoluten Höhe der Stromnachfrage in Kombination mit den anvisierten Treibhausgasminderungszielen in Deutschland erfolgt im Szenario ohne Energieeinsparungen ein Ausbau erneuerbarer Energien über die modellexogenen Vorgaben hinaus. Bei vollständiger Berücksichtigung von Energieeinsparmaßnahmen erfolgt dieser Ausbau aufgrund der reduzierten Stromnachfrage nicht.

Über den gesamten Analysezeitraum sinken die diskontierten Systemkosten durch die vollständige Berücksichtigung von Energieeinsparmaßnahmen im Vergleich zum Szenario mit moderaten Energieeinsparungen um 268 Mrd. €₂₀₁₀. Weitere 12 Mrd. €₂₀₁₀ können im Szenario mit Lastmanagement eingespart werden.

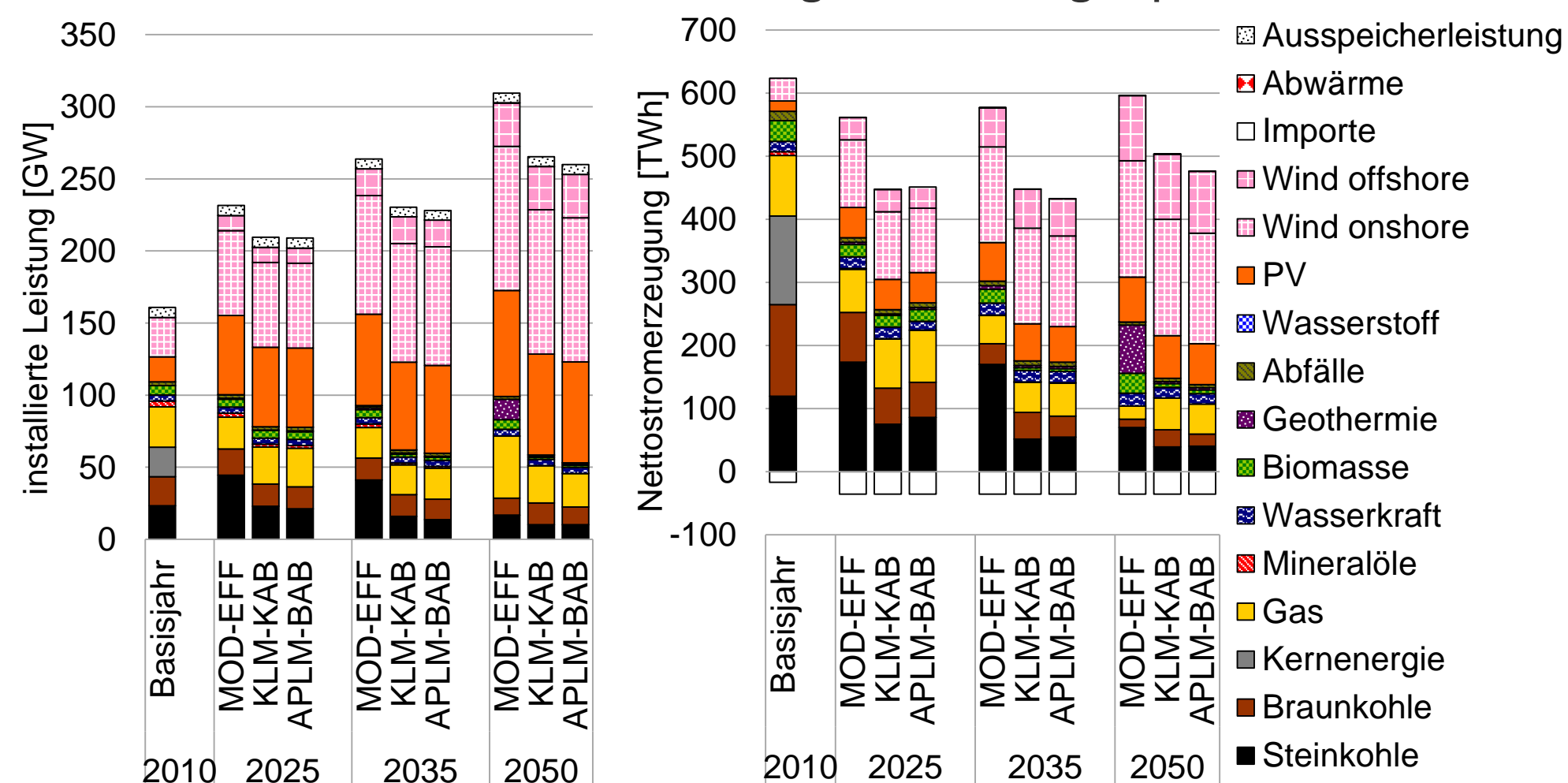


Abb. 3: Installierte Kraftwerkskapazität und Nettostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern von 2010 bis 2050

Literaturverzeichnis
 Callaway, D. S. (2009). „Tapping the energy storage potential in electric loads to deliver load following and regulation, with application to wind energy“. In: Energy Conversion and Management 50 (5), S. 1389-1440.
 Mortensen, R. und Haggerty, K. (1988). „A stochastic computer model for heating and cooling loads“. In: IEEE Transactions and Power Systems 3 (3), S. 1213-1219.

Remme, U. (2006). „Zukünftige Rolle erneuerbarer Energien in Deutschland. Sensitivitätsanalysen mit einem linearen Optimierungsmodell“. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Universität Stuttgart.
 Stadler, M., Krause, W., Sonnenschein, M. und Vogel, U. (2009). „Modelling and evaluation of control schemes for enhancing load shift of electricity demand for cooling devices“. In: Environmental Modelling & Software 24 (2), S. 285-295.